

К Методу Расчета Коэффициента Разбавления В Условиях Сброса Засоленных Коллекторно-Дренажных Вод В Реки

Кудратов Т. У¹, Худайкулов С. И.², Якубов М. А.³, Мирхасилова З. К.⁴

Аннотация: Приводится величина коэффициента разбавления в любом створе, находящемся между створами сброса и 85%-ного перемешивания. Определяется расстояние от выпуска, на котором загрязненная струя распространяется по всей ширине реки, т. е. доходит до противоположного берега. Предлагается формула для определения кратности разбавления сточных вод в расчетном створе.

Ключевые слова: речная вода, гидравлика течения, коллекторно-дренажные воды, реки, каналы.

В условиях Центральной Азии развитие ирригационных и мелиоративных систем обусловило формирование большого объема возвратных коллекторно-дренажных вод, которые в основном отводятся в реки и являются источником загрязнения речных вод. Так, по данным эксплуатационных служб Минводхоза республики Узбекистан и наблюдениям Узгидромета, только в среднем течении бассейна р.Амударьи объемы сбрасываемых КДВ составляют: из Кашкадарьинской области по коллекторам Южный и Каракалпакский 800 млн.м³ в год, а объем солеотведения 5680 тыс.т; из Бухарской области соответственно отводится (по коллектору Парсанкуль и Центральный Бухарский) до 810 млн.м³ в год, с которыми отводится 3402 тыс.т. солей. В результате чего минерализация речной воды в этом створе увеличивается до 0,78-1,16 г/л, что на 25-30% выше чем в створе г.Термез.

Для разработки методов расчета коэффициента разбавления при сбросе дренажных вод в реки, необходимо располагать данными о возникновении плотностных течений и о разрушении во всем диапазоне переходного режима, от устойчивого плотностного рассоления до развитого турбулентного течения. При этом необходимо знать кинематическую структуру течения сбрасываемых минерализованных вод. Кроме того, в условиях реальных водоемов необходимо учитывать плановое расширение потока, макро устойчивость сбрасываемой струи в пространстве (блуждание турбулентной затопленной струи в ограниченном пространстве и прилипание ее к боковым границам, происходящее аналогично эффекту Коанда), ветровое воздействие на гидравлику течений и т.д.

Задача оказывается чрезвычайно сложной. Этим, очевидно, и обуславливается отсутствие в литературных источниках рекомендаций по учету неоднородности жидкости в инженерных методах расчета течений водоемов. Проблема сброса дренажных вод в реки, каналы и водоёмы актуальна не только на сегодняшний день.

¹ Соискатель НИИИВП, Узбекистан

² Профессор, д.т.н. НИИИВП, Узбекистан

³ Профессор, д.т.н. НИИИВП, Узбекистан

⁴ Доцент, PhD НИУ «ТИИИМСХ», Узбекистан



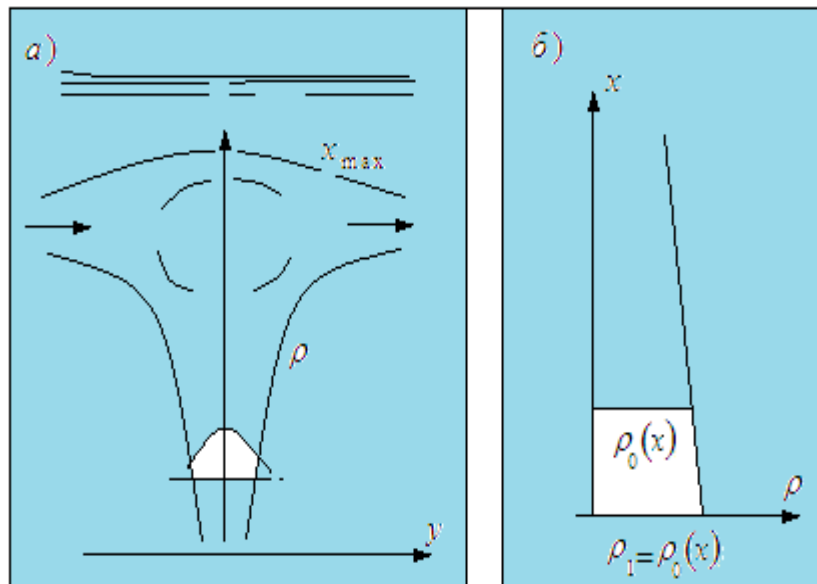


Рис. 1. Схема факела сточных вод (а) и распределения плотности по глубине (б)

Для предотвращения загрязнения прибрежной зоны выпуск дренажных вод производят под дневной уровень. Различная глубина погружения устьевой части водовыпуска и его удаление от береговой зоны по-разному сказывается на засолении поверхности каналов и водоёмов. Наиболее благоприятные условия могут быть достигнуты при глубоководных выпусках и значительном удалении их от берега, когда имеется обширное поле смешения дренажной и поверхностной воды. Так, по наблюдениям, при сбросе дренажных вод на глубину 4 - 5 м образовавшаяся смесь не поднималась в верхний слой толщиной 0,5 – 1,0 м, а переносилась, рассеивалась и разбавлялась в погруженном виде. Естественно, что со временем, в результате вертикального массообмена между слоями, дренажные воды попадают в поверхностный слой. Но они к этому времени уже теряют свои опасные свойства, вследствие отмирания бактерий, минерализации органических остатков, осаждения взвешенных и полувзвешенных частиц, а также вследствие интенсивного переноса дренажных вод, рассеяния их и разбавления.

Существует ряд теорий и экспериментальных данных, позволяющих с определенной точностью определить высоту подъема сточных вод (можно применить и для сброса дренажных вод) (Рон, Пальмер, Боуэрман, Мартон, Кох, Брукс, Седервал, В. И. Зац, В. Н. Степанов) рис.1. В механизме подъема коллекторных вод при глубоководном выпуске в реки время не является определяющим фактором, и высота подъема соли является той максимальной высотой, которая наступает при относительной стабилизации процесса.

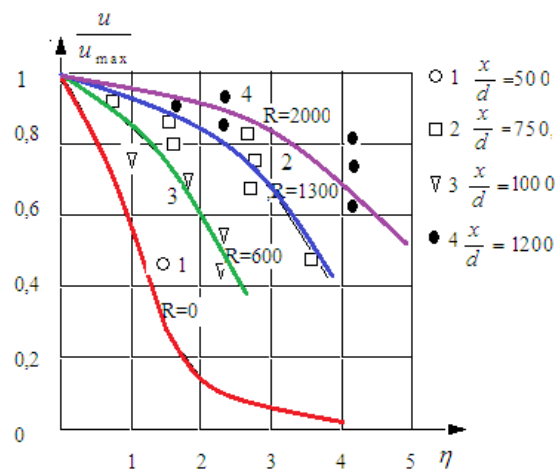


Рис. 2. Профиль поверхностной струи на большом расстоянии от выпуска



Выпускать коллекторно-дренажные воды в реки необходимо таким образом, чтобы была обеспечена возможность наиболее полного смешения их в створе выпуска или ниже по течению. Для определения коэффициента разбавления, кратности разбавления и концентрации загрязнения в любом месте между створами сброса и практически полного (т. е. 85% -ной обеспеченности) перемешивания приводится следующая методика.

Величина коэффициента разбавления в любом створе, находящемся между створами сброса и 85%-ного перемешивания, определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}}{1 + e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}} \frac{Q}{q_{cm}} \quad (1)$$

Кратность разбавления сбрасываемых дренажных вод в максимально загрязненной струе реки Амударьи при сбросе их через сосредоточенный выпуск, определяется по формуле:

$$n_i = \frac{(q_{cm} + \gamma Q) \delta b}{q_{cm}} \quad (2)$$

Кратность разбавления сбрасываемой жидкости в минимально засоленной струе реки определяется по формуле

$$n_k = \frac{(\beta q_{cm} + Q)}{\beta q_{cm}} \quad (3)$$

Коэффициент смешения сточной жидкости с речной водой показывает, какая часть расхода дренажных вод смешивается с речной водой. Определяется этот коэффициент по формуле:

$$\beta = \frac{1 - e^{-\alpha(\sqrt[3]{l} - \sqrt[3]{l_0})}}{1 + e^{-\alpha(\sqrt[3]{l} - \sqrt[3]{l_0})}} \frac{Q}{q_{cm}} \quad (4)$$

Под l подразумевается расстояние от выпуска, на котором загрязненная струя распространяется по всей ширине реки, т. е. доходит до противоположного берега.

Для определения кратности разбавления коллекторно-дренажных вод в расчетном створе [3,5] предлагается следующая формула:

$$n_p = \frac{S \varphi H}{Ax(B-L) \lg \text{Re}_\delta} \quad (5)$$

где $\text{Re}_\delta = \frac{gH}{D}$ [здесь $D = \frac{gH}{2mC}$, $2m = 0,7C + 6$] - диффузионное число Рейнольдса; $A = \frac{S_{\text{экс}}}{S_{\text{теор}}}$,

[здесь $S_{\text{теор}}$ при кратковременном выпуске соленых вод решения уравнения о равномерном распределении концентрации определяется по формуле:

$$S(x, t) = \exp \left[\frac{x}{2k_x} \left(u - \sqrt{u^2 + 4kk_x} \right) \right] \times \left[S_0 + \sum_{n=1}^4 a_n \left(A_n \cos \frac{2\pi n}{T} t + B_n \sin \frac{2\pi n}{T} t \right) + \sum_{n=1}^4 b_n \left(A_n \sin \frac{2\pi n}{T} t - B_n \cos \frac{2\pi n}{T} t \right) \right] \quad (6)$$



(6) при $A=1$] - коэффициент пропорциональности, изменяющийся от 0,9 до 2; $\varphi = \frac{l_{\text{фарс}}}{l_{\text{прям}}}$ -

коэффициент извилистости (от створа выпуска до расчетного створа); x - расстояние от конца выпуска до дальнего берега; B - ширина потока; L - длина рассеивающего выпуска; H - средняя глубина потока над выпуском; \mathcal{Q} - средняя скорость потока над выпуском.

Для начального разбавления в произвольном сечении осесимметричной струи, выходящей из единичного оголовка выпуска, [2] имеем формулу:

$$n_n = \frac{0,258 \left(\frac{d}{d_0} \right)^2}{1-m} \left[\sqrt{m^2 + 8,1(1-m) \left(\frac{d_0}{d} \right)^2} - m \right] \quad (7)$$

где $m = \frac{\mathcal{Q}_p}{\mathcal{Q}_0}$ - отношение расчетной скорости потока к скорости истечения струи из единичного места выпуска; d - диаметр струи на произвольном расстоянии от выпуска; d_0 - диаметр единичного оголовка [4,5].

Предельное значение начального разбавления наблюдается в сечении, где максимальный диаметр струи достигает значения, равного глубине потока. Для этого случая формула (7) принимает вид:

$$n_n = \frac{0,258 \left(\frac{H}{d_0} \right)^2}{1-m} \left[\sqrt{m^2 + 8,1(1-m) \left(\frac{d_0}{H} \right)^2} - m \right] \quad (8)$$

Для расчета разбавления сбросных вод в изогнутом русле [1] имеется формула:

$$n_{\text{общ}} = \frac{(q_{cm} + Q)}{q_{cm} + Q e^{-\beta \left(\frac{l}{R} \right)^{\frac{1}{4}}} + Q_n} \quad (9)$$

для наименьшего общего разбавления

$$n_{\text{общ}} = \frac{(q_{cm} + Q)}{(Q - Q_n + q_{cm}) e^{-\beta \left(\frac{l}{R} \right)^{\frac{1}{4}}} + Q_n} \quad (10)$$

где Q_n - расход смеси сточных и речных вод в створе начального разбавления:

$$Q_n = n_n q$$

Использованная литература

1. Лапшев Н. Н., Цвилик В. Ф., Грабовский П. А. О расчете глубины затопления сточных вод при выпуске в море. - В кн.: Санитарная техника. Л., изд. ЛИСИ, 1969.
2. Лапшев Н. И., Цвилик В. Ф., Грабовский П.А. О расчете глубины затопления поля сточных вод при их выпуске в море. - В кн.: Санитарная техника. Л., изд. ЛИСИ, 1969,
3. Материалы V Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения и регулирования качества воды. Таллин, 1975.
4. Родзиллер И. Д. Особенности кинетики процесса биохимического самоочищения водоемов. - В кн.: Материалы VI Всесоюзного симпозиума по современным проблемам самоочищения водоемов и регулирования качества воды. Таллин, 1979.
5. Худайкулов С.И., Яхшибоев Д.С. «Моделирование динамики развития стратификационных течений многофазных жидкостей» Ташкент, 2017г. 162с

